

## روشی برای افزایش توان تفکیک داده لرزه‌ای بر پایه وارون Q بازه‌ای VSP دورافت صفر

احمد امینی<sup>۱</sup>کارشناس لرزه‌شناسی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، *amini1.a@nisoc.ir*

## چکیده:

از طریق تحلیل طیف دامنه موجک پایین‌رونده VSP دورافت صفر انتخاب شده و موجک پایش کننده، مقادیر Q بازه‌ای موثر و پایدار بدست آورده می‌شود. بر این اساس، روشهای نسبت طیفی و برازش طیفی دامنه‌ای بهبود یافته برای وارون Q بازه‌ای بر اساس داده VSP دورافت صفر و فلوچارتی برای پردازش داده VSP دورافت صفر، پیشنهاد می‌گردد. در ادامه، روشهای پیشنهاد شده به داده VSP دورافت صفر اعمال و فیلتر وارون قبل از برنبارش به داده VSP دورافت صفر و لرزه سطحی برای جبران دامنه با مقدار Q تخمین زده شده، انجام می‌گیرد. فیلتر Q وارون، پهنای باند فرکانسی و فرکانس غالب را به طور وسیع، افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: وارون Q بازه‌ای، VSP دورافت صفر، نسبت طیفی

## A method for improving resolution of seismic data based on interval Q-inversion of ZVSP data

**Abstract:**

Based on analyzing the spectrum of monitoring wavelet and down-going wavelet of zero-offset VSP data we obtain stable interval  $Q$  factor. Then is presented improved amplitude spectral fitting and spectral ratio methods for interval  $Q$  inversion based on zero-offset VSP data, and the flowchart for processing the zero-offset VSP data. Subsequently, we apply the proposed methods to real zero-offset VSP data, and carry out prestack inverse  $Q$  filtering to zero-offset VSP data and surface seismic data for amplitude compensation with the estimated  $Q$  value. Inverse  $Q$  filter broadened the frequency bandwidth and enhanced the dominant frequency greatly.

**Keywords:** Interval  $Q$  inversion, zero-offset VSP, spectral ratio

## ۱ مقدمه

روش نسبت طیفی به طور وسیع برای تعیین فاکتور تضعیف یا  $Q$  از داده VSP استفاده شده است (تون، ۱۹۹۱). با انتخاب دو ژئوفون متوالی درون چاهی، رابطه:

$$\frac{|A(\omega)_{d2}|}{|A(\omega)_{d1}|} = e^{-\frac{|\omega|}{2Q}(t_2-t_1)} \quad (1)$$

برقرار است که  $t_1$  و  $t_2$  زمانهای رسید از چشمه به ژئوفون‌ها به ترتیب در عمقهای  $d_1$  و  $d_2$  هستند. اگر ژئوفونها به خوبی به سازند و یا دیواره چاه جفت گردند و چشمه سازگار باشد، این رابطه، فاکتور  $Q$  بازه‌ای سازند بین این دو عمق را می‌دهد. برای تخمین  $Q$  بازه‌ای نسبتاً پایدار، معمولاً فاصله بزرگتری مورد نیاز است. از میانگین‌گیری طیفهای دامنه روی تعدادی ژئوفون مجاور نیز معمولاً استفاده می‌گردد. در صورت استفاده از ژئوفونهای نزدیک به هم، ممکن است  $Q$  بازه‌ای محاسبه شده منفی شود و یا دچار نوسان گردد. بنابراین انتخاب فاصله مناسب اغلب موردی برای کوشش و خطاست. در بخش بعد، دیدگاه متفاوت روش نسبت طیفی برای محاسبه مقادیر  $Q$  به کمک ژئوفونهای مجاور هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس شرایط برای تخمین  $Q$  معقول بحث می‌گردد.

## ۲ روش تحقیق

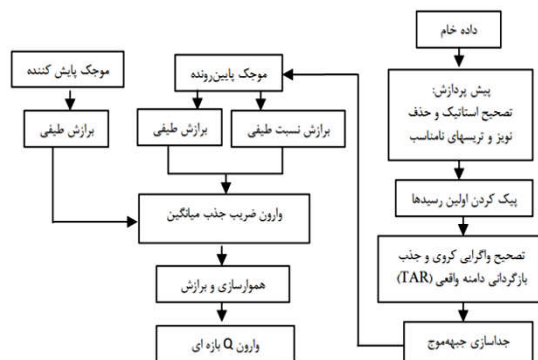
برداشت VSP دورافت صفر، مسیر پرتوی غالباً برخورد قائم را برای یک مدل لایه‌ای افقی می‌دهد. در چنین مدل لایه‌بندی شده، Q بازه‌ای ( $Q_{int}$ ) هر بازه عمقی و Q متوسط ( $Q_{avg}$ ) رابطه‌ای بازگشتی دارند (بیل و همکاران، ۲۰۰۲):

$$\frac{T(n+1)}{Q_{avg}(n+1)} = \frac{T(n)}{Q_{avg}(n)} + \frac{T(n+1)-T(n)}{Q_{int}(n+1)} \quad (2)$$

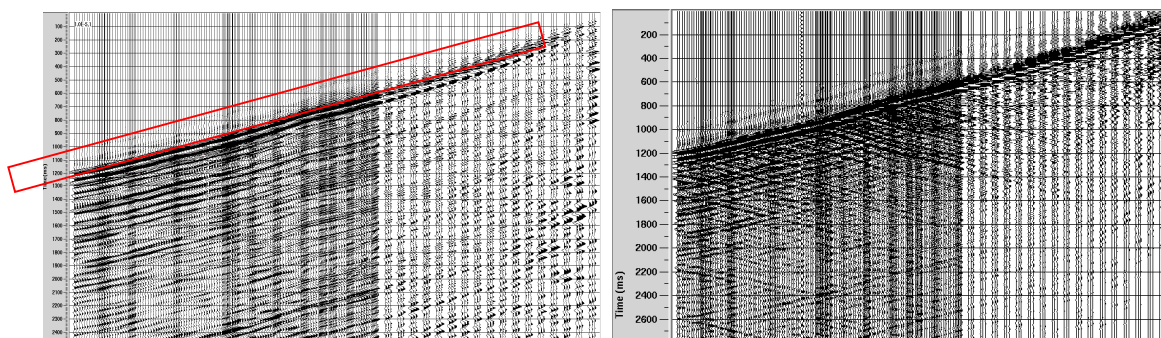
که در آن:  $n=1,2,\dots,N-1$  و  $Q_{int}(1)=Q_{avg}(1)$

برای اینکه  $Q_{int} > 0$  باشد، باید داشته باشیم:  $\frac{T(n+1)}{Q_{avg}(n+1)} > \frac{T(n)}{Q_{avg}(n)}$

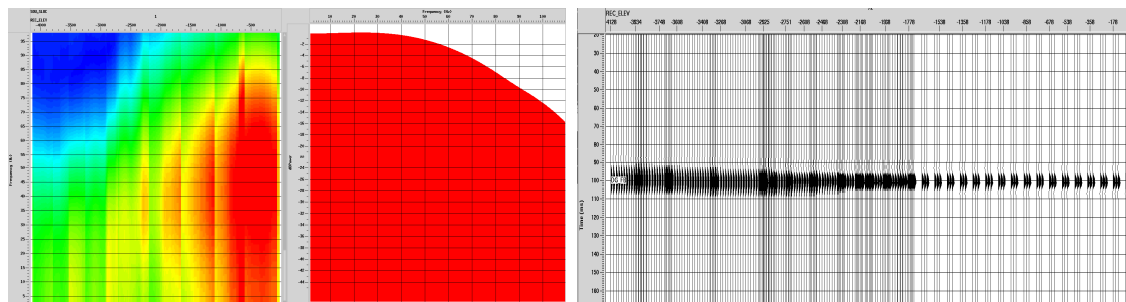
اگر  $\frac{T(n+1)}{Q_{avg}(n+1)} - \frac{T(n)}{Q_{avg}(n)}$  بسیار کوچک باشد، محاسبه  $Q_{int}$  ناپایدار می‌باشد. بنابراین نسبت اولین زمان رسید و فاکتور Q میانگین تخمین زده شده،  $\frac{T(n)}{Q_{avg}(n)}$  به عنوان نشانگر کیفیت برای تخمین فاکتور Q عمل می‌کند. سطح مرجع  $n=1$  به دلخواه سطح زمین قرار داده شده است. نسبت طیفی بین ردلرزه ثبت شده درون چاهی در یک عمق خاص و سوئیپ سطحی (به دلیل نسبتاً ثابت بودن و تهیه طیف بسیار هموار در یک محدوده فرکانسی)، برای محاسبه  $Q_{avg}$  استفاده شده است. فلوچارت برای وارون Q در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فلوچارت وارون سازی Q.

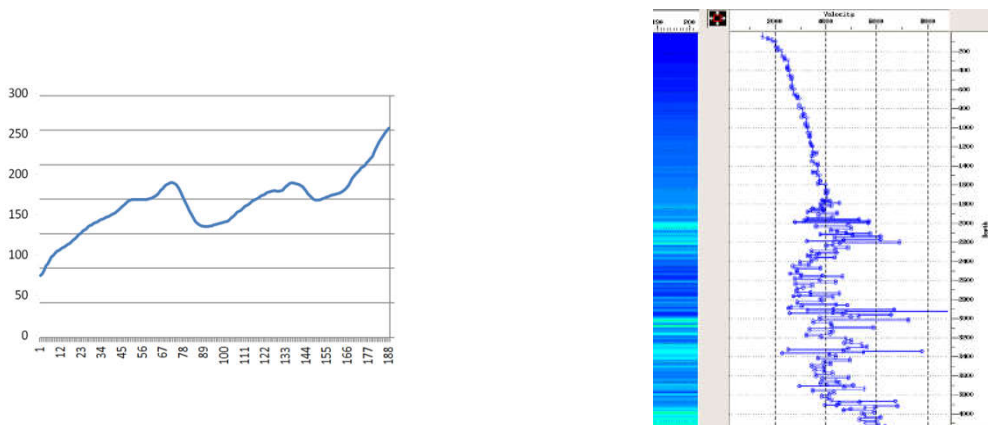


شکل ۲. سمت راست، مولفه Z داده VSP دورافت صفر و سمت چپ، جبهه‌موج پایین‌رونده حاصل بعد از تبدیل FK. محدوده جدا شده به عنوان اولین رسیده‌های موجک پایین‌رونده در شکل مشخص است.



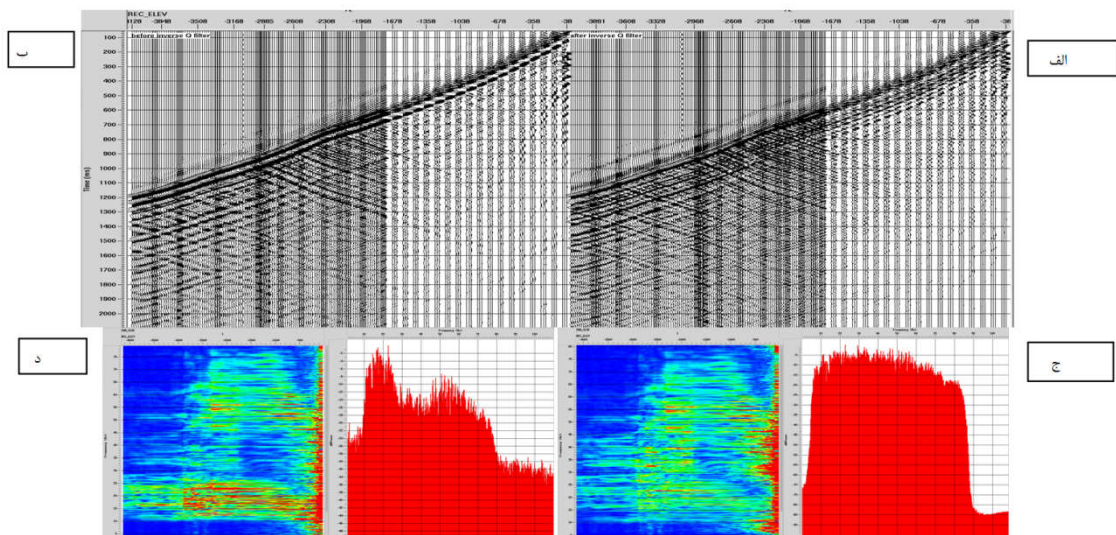
شکل ۳. الف) موجکهای فاز صفر پایین‌رونده به خط شده با حذف زمان‌رسیده، از سر چاه تا ته چاه. ب) طیف دامنه موجکهای پایین‌رونده بر حسب زمان رسید به همراه محتوای فرکانسی قطار امواج پایین‌رونده بر حسب dB. همانطور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش عمق، محتوای فرکانسی کاهش و پهنای موجک افزایش می‌یابد.

جبهه موج پایین رونده در شکل ۲ آورده شده است. همچنین در شکل ۳، سرعت بازه‌ای به کمک اولین رسیدها در VSP دورافت صفر بدست آورده شده است. برای داده واقعی در شکل ۲-الف، موجکهای پایین‌رونده در هر زمان جداسازی شدند و طیف دامنه موجک بدست آورده شد (شکل ۳) و سپس ضریب جذب میانگین برای هر عمق به کمک روشهای توصیف شده در فوق، تخمین زده شد و برازش آماری کل انجام گردید. در مرحله بعد مقادیر Q بازه‌ای به کمک معادله ۲ وارونسازی شد و نتایج در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. فاکتور Q بازه‌ای و سرعت بازه‌ای؛ رابطه تطابقی خوبی دارند. Q بازه‌ای پایدار می‌باشد. بعد از اعمال فیلتر Q وارون، انرژی و توان تفکیک به طور چشمگیری در مورد داده‌های لرزه‌ای سطحی افزایش می‌یابد (شکل ۶ و ۷). همچنین در مواردی، S/N افزایش می‌یابد. مقدار Q وارون‌یافته به داده VSP دورافت صفر برای جبران دامنه فیلتر وارون اعمال شد (شکل ۶). در شکل ۶-ب، توان تفکیک چشمه لرزه‌ای افزایش یافته و رویدادها فشرده شده‌اند. شکل ۶-ج و ۶-د نشان می‌دهند که به اندازه ۲۰ dB - پهنای باند در ثبت لرزه‌ای از ۷۰-۱۰ Hz به ۸۳-۶ Hz پهن تر شده‌اند و فرکانس پیک از ۱۸ Hz به ۴۰ Hz بهبود یافته است. شات گذر خام نشان داده شده در شکل ۷-الف، بعد از فیلتر Q وارون در شکل ۷-ب مشاهده می‌گردد. این شکل نشان می‌دهد که توان تفکیک ظاهری بهبود یافته است.

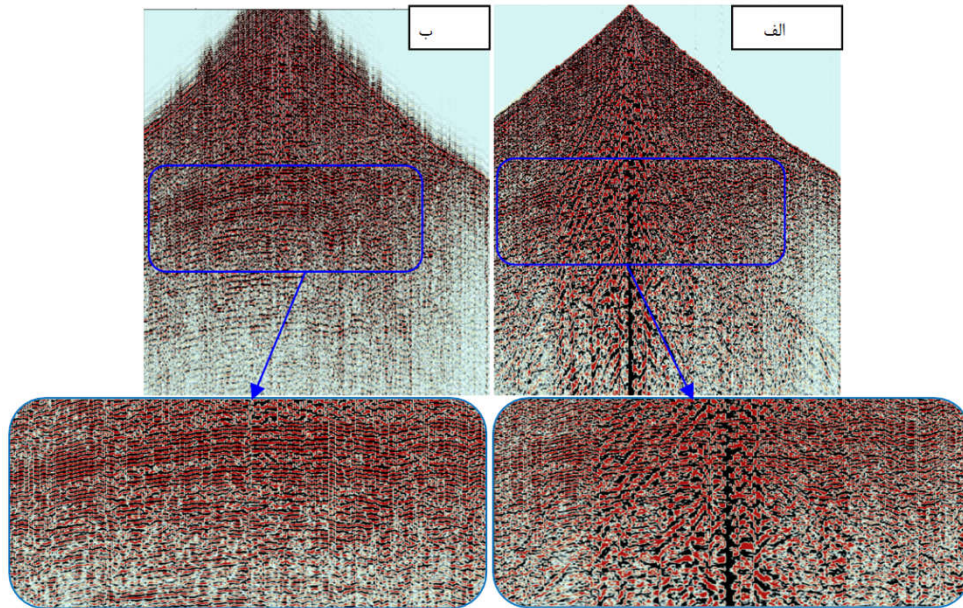


شکل ۴. سرعت بازه‌ای به کمک اولین رسید داده VSP دورافت صفر.

شکل ۵. مقدار Q بازه‌ای تخمین زده شده از داده VSP دورافت صفر.



شکل ۶. الف) داده VSP دورافت صفر خام. ب) داده VSP دورافت صفر بعد از جبران دامنه توسط اعمال Q وارون. ج) طیف میانگین داده VSP دورافت صفر خام، د) طیف میانگین داده VSP دورافت صفر بعد از اعمال Q وارون. شکل ۶. مقایسه طیف فرکانسی. سمت راست، قبل از اعمال فیلتر وارون و سمت چپ، بعد از اعمال آن روی داده VSP دورافت صفر.



شکل ۷. الف) داده شات گذر خام، ب) داده شات گذر خام بعد از اعمال Q وارون.

### نتیجه‌گیری

روش‌های افزایش توان تفکیک داده لرزه‌ای بر پایه وارون Q بازه‌ای در هر بازه زمانی را مشخص می‌کند و از تداخل چندگانه‌های بالا و پایین‌رونده جلوگیری می‌نماید. با به کارگیری برازش کمترین مربعات به طیف دامنه یا نسبت طیفی، ضریب جذب میانگین برای بدست آوردن مقادیر Q معقول و پایدار، وارون‌سازی شد. نتایج فیلتر Q وارون روی داده VSP دورافت صفر و لرزه سطحی، رضایت‌بخش می‌باشند. این روش برای وارون Q بازه‌ای می‌تواند تغییر چشمه لرزه‌ای را حذف نماید. مثالهای داده واقعی نشان می‌دهند که این روش، معقول، موثر و پایدار می‌باشد و می‌تواند برای تخمین Q در کار لرزه‌شناسی به منظور پردازش با توان تفکیک بالا، به خوبی استفاده گردد.

### تشکر و قدردانی

نویسنده از شرکت ملی نفت ایران و مناطق نفت‌خیز جنوب به خاطر کمک و حمایت مالی از این مقاله، تشکر و قدردانی می‌نماید.

### منابع

- Bale, R.A. and Stewart, R.R., 2002, The impact of attenuation on the resolution of multicomponent seismic data: CREWES Research Report, 14.
- Tonn, R., 1991. The determination of the seismic quality factor Q from VSP data: A comparison of different computational methods. Geophysical Prospecting. 39 (1), 1-27.